

PENGUJIAN SUDUT KONTAK PADA BAHAN ISOLASI RESIN EPOKSI DENGAN PENGISI PASIR PANTAI YANG MENGANDUNG BANYAK KALSIUM

M. Toni Prasetyo¹, Hamzah Berahim², T. Haryono³

¹Jurusan Teknik Elektro FT Universitas Muhammadiyah Semarang
Jl. Kasipah No.12 Semarang INDONESIA

^{2,3}Jurusan Teknik Elektro FT UGM
Jln. Grafika 2 Yogyakarta 55281 INDONESIA

Abstract

Formation tracking power (electrical tracking) on the surface of an insulating material due to flashover continuously, especially when there are contaminants flowing on the surface of the insulating material. Due to electrical tracking the insulation material surface to be broken and easier flow of electric current. Insulating material must have good electrical characteristics leakage current is very small, the critical flashover voltage is very large and the surface is hydrophobic materials

The material used in this study is an epoxy resin insulating silicone rubber polymer with a filler Kukup beach sand containing a lot of calcium carbonate with stoichiometric values (the ratio of materials and hardener or curing agent) is equal to 1, with values increasing size filler (filler) , 120x50 mm sample size. The study was conducted in the laboratory according to standard IEC 587: 1984. In this study, the effect of the variation of the filling of the contact angle and its influence on surface degradation caused by charging, were analyzed.

The result showed that the epoxy resin used in this study whice are categorized partly wet (partially wetted) and approached hydrophobic. The more concentration of silicone rubber and sand as filler (filler) will increase the hydrophobic nature of the contact angle shown is growing. If the surface is hydrophobic, then the time required for the first discharge and breakdown on the surface of the old material.

Keywords: epoxy resins, fillers, contact angle, hydrophobicity

1. PENDAHULUAN

Material polimer yang telah banyak digunakan pada saluran distribusi dan transmisi untuk sifat dielektrik yang baik, ringan dan ringkas, dibanding insulator porselin dan gelas. Bagaimanapun juga, insulator polimer luar menunjukkan degradasi/kerusakan dalam kaitannya dengan tekanan iklim seperti sinar

ultra violet cahaya matahari, kelembaban, temperature, dan kontaminan yang lain sehingga menyebabkan *discharge* permukaan, penjejakan, dan erosi, dan kerusakan mungkin menurunkan performanya. Penurunan adalah nyata akibat perubahan penempatan kimia dan fisik pada permukaan polimer (Berahim dkk, 2003).

Resin epoksi adalah material insulasi yang penting. Merupakan polimer *thermoplastic* yang menggunakan dua komponen yang dicampur dengan cepat dari suatu produk gelas pada temperature ruangan.

Dibanding dengan polister, resin epoksi secara umum mempunyai sifat mekanik yang lebih baik dan, menggunakan pengeras yang sesuai, lebih baik penahanan terhadap panas dan tahan terhadap kimia, dalam keadaan tertentu, resistan terhadap alkali. Sifat elektrik resin epoksi mempunyai konstanta dielektrik antara 3,4-5,7, dan kekuatan dielektrik antara 100-220 kV/cm. Faktor daya antara 0,008-0,04 (Brydson dkk, 1982).

Ketika insulator dibuat dari bahan resin epoksi digunakan di luar ruangan, kehadiran kontaminan pada permukaan insulator menjadi permasalahan yang serius. Material yang lain mempunyai performa kontaminan yang berbeda. Secara umum insulator non keramik performanya lebih baik dari keramik saat masih baru. Bagaimanapun, dalam kaitannya dengan perubahan penuaan polimer, ini relatif berbeda yang dapat berubah dengan waktu pada suatu harga yang tergantung pada lingkungan (Gorur, 1999). Resin epoksi material yang hidrophilik, oleh karena itu, dalam keadaan tertentu pada daerah tropic, kelembaban dan curah hujan berperan dalam percepatan proses degradasi permukaan insulator (Berahim dkk, 2005).

Lapisan kontaminan akan dibentuk di permukaan insulator dan akan melebar pada permukaan. Arus bocor akan bertambah, khususnya ketika permukaan insulator basah yang disebabkan oleh kabut, embun atau gerimis. Arus bocor akan mengaktifkan suatu proses konduksi panas yang terjadi pada permukaan insulator dan kemudian terjadi *flashover* atau terjadi *breakdown* insulator

Tingkat kontaminan akan dibentuk dalam permukaan insulator dan akan menyebar pada permukaan. Kebocoran arus akan menaik, khususnya ketika permukaan insulator menjadi basah yang disebabkan oleh embun, atau gerimis. Kebocoran arus akan memulai suatu proses konduksi panas yang terjadi pada permukaan suatu insulator dan akhirnya terjadi *flashover* atau insulasi akan *breakdown* (Berahim dkk, 2005).

Penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan mengacu pada standar IEC 587:1984 yaitu *metode Inclined Plane Tracking* (IPT). Data-data penelitian yang diperoleh adalah sudut kontak hidropobik, yang menyediakan informasi yang berguna untuk diagnosis dan menggambarkan keadaan material isolasi.

2. DASAR TEORI

A. Resin Epoksi

Material isolator yang banyak digunakan pada sistem tenaga listrik di Indonesia sampai

saat ini adalah isolator berbahan porselin dan gelas. Kelebihan isolator jenis ini adalah harganya yang cukup murah dibandingkan dengan isolator polimer. Namun, isolator jenis ini memiliki kelemahan dari segi mekanis yaitu berat dan permukaannya yang bersifat menyerap air (*hygroscopic*) sehingga lebih mudah terjadi arus bocor pada permukaan yang akhirnya dapat menyebabkan *flashover*.

Untuk mengatasi hal tersebut, maka sebagai alternatif digunakan isolator polimer. Salah satu contoh dari isolator polimer adalah resin epoksi. Kelebihan yang dimiliki oleh isolator polimer dengan jenis resin epoksi ini di antaranya adalah rapat massa 0,9 – 2,5 gram/cm³ yang lebih rendah dibandingkan dengan isolator porselin yang rapat massanya 2,3 – 3,9 gram/cm³ dan isolator gelas dengan rapat massa 2,5 gram/cm³, serta proses pembuatannya yang tidak memerlukan energi yang terlalu besar hanya membutuhkan suhu antara 20°C – 30°C. Juga sifat dielektrik bahan isolasi resin epoksi memiliki konstanta dielektrik 2,3 – 5,5 dan faktor disipasi $(0,1 - 5,0) \times 10^{-3}$ akan lebih baik dibandingkan dengan isolator porselin dengan konstanta dielektrik 5,0 – 7,5 dan faktor disipasi $(20-40) \times 10^{-3}$ sedangkan isolator gelas memiliki konstanta dielektrik 7,3 dan faktor disipasi $(15-50) \times 10^{-3}$. Massa bahan isolasi polimer resin epoksi yang lebih ringan

dibanding porselin dan gelas memberikan peluang baru pada desain menara saluran transmisi tegangan tinggi dan ekstra tinggi yang lebih kompak. Bahan isolasi polimer resin epoksi yang ringan dapat pula dipergunakan sebagai pemisah fase guna mengurangi ayunan mekanik konduktor saluran transmisi. Sifat perekat resin epoksi yang sempurna, mudah dibentuk, kekuatan mekanis yang baik, daya tahan kimia yang kuat merupakan keuntungan yang paling penting dari resin padat.

B. Karet Silikon

Silicone rubber/silane memiliki sifat hidrofobik yang tinggi, bahkan mampu memulihkan dan memindahkan sifat hidrofobiknya sehingga pada kondisi lembab tidak terbentuk lapisan air yang kontinyu sehingga konduktivitas permukaan isolator tetap rendah, dengan demikian arus bocor sangat kecil. Selain itu memiliki sifat dielektrik yang baik, sangat ringan, tahan gempa, mudah penanganan dan pemasangannya.

Semakin banyak konsentrasi karet silikon pada bahan akan meningkatkan sifat hidrofobik dengan ditunjukkan sudut kontak yang semakin membesar. Jika permukaan bersifat hidrofobik, maka waktu yang diperlukan untuk terjadinya *discharge* pertama dan *breakdown* pada permukaan bahan semakin lama [8].

C. Pasir Pantai

Pasir pantai yang dipakai sebagai pengisi digunakan pasir pantai Kukup dengan kandungan terbesar *kalsium karbonat* (CaCO_3) mencapai 55.98%. Data ini didapatkan dari hasil analisis *major element* sampel pasir pantai Kukup pada Laboratorium kimia analitik.

Tabel 1. Hasil Analisis Major Element Pasir Pantai

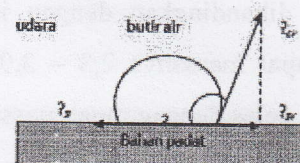
No	PARA METER	HASIL PENGUKURAN	Persentase (%)
1	Al_2O_3	0,0073	0.012
2	CaO	18,9819	31.37
3	CaCO_3	33,8797	55.98
4	Fe_2O_3	0,0881	0.145
5	MgO	1,7782	2.94
6	MgCO_3	3,7215	6.15
7	K_2O	0,0707	0.12
8	Na_2O	0,6170	1.02
9	SiO_2	0,7070	1.17
10	TiO_2	0,6648	1.10

D. Sudut Kontak Bahan Isolasi Resin epoksi

Pengukuran sudut kontak pada suatu bahan isolasi dilakukan untuk mengetahui sifat permukaan bahan, hidrofobik atau hidrofilik. Sifat hidrofobik merupakan suatu karakteristik bahan isolasi, dalam keadaan terpolusi, bahan masih mampu bersifat menolak air yang jatuh ke permukaannya. Sifat hidrofobik paling berguna untuk isolasi outdoor karena dalam keadaan basah atau lembab tidak akan terbentuk lapisan air yang kontinu antara ujung-ujung

isolator, sehingga permukaan isolator tetap memiliki konduktivitas yang rendah, akibatnya arus bocor sangat kecil.

Sudut kontak merupakan sudut yang dibentuk antara permukaan bahan uji dengan air destilasi yang ditetaskan ke permukaan bahan uji. Pengukuran ini menggunakan tetesan air 50 μl yang ditetaskan pada permukaan bahan isolator. Profil setetes air pada permukaan bahan uji diproyeksikan pada layar dan sudut kontak ($180^\circ - 360^\circ$). Hubungan antara tegangan permukaan bahan padat, udara dan air dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1. Ilustrasi tegangan antarmuka dan sudut kontak

Para peneliti telah berhasil mengklarifikasi sudut kontak dalam tiga kelompok yaitu sudut lebih kecil dari 30 bersifat basah (hidrofilik), antara 30-89 sebagai basah sebagian (*partially wetted*), dan lebih dari 90 disebut hidrofobik yang menolak air.

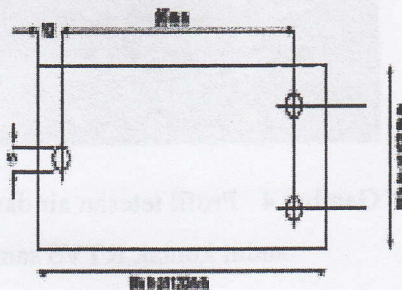
Nilai sudut kontak tergantung pada beberapa faktor yakni struktur kimia, kehalusan permukaan, pori-pori yang terisi cairan, dan keberadaan zat asing pada permukaan (Berahim dkk, 2003).

3. CARA PENELITIAN

Metode pengukuran yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada standar IEC 60-587: 1984. Masing-masing bagian dijelaskan sebagai berikut :

A. Bahan Uji

Bahan uji yang digunakan adalah resin epoksi dengan bahan pengisi silikon rubber dan pasir pantai. Pasir pantai yang dipakai sebagai pengisi digunakan pasir pantai Kukup dengan kandungan terbesar *kalsium karbonat* (CaCO_3) mencapai 55.98%.



Gambar 2. Ukuran Sampel Uji Bahan Resin Epoksi

Isolator polimer, material resin epoksi dengan perbandingan MPDA : DGEBA : Silane : Pasir Pantai dalam persentase tertentu

Tabel 1. Komposisi Campuran Resin Epoksi, Silane, Dan Bahan Pengisi

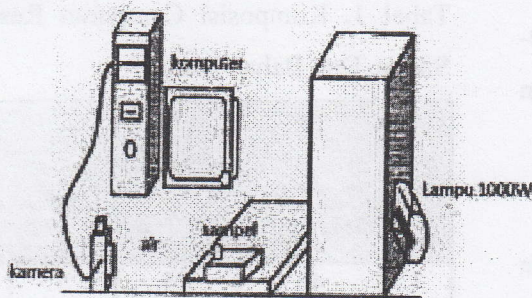
No.	Bahan Campuran (dalam persen)			
	DGEBA	MPDA	Silane	Pasir
1	45	45	5	5
2	40	40	10	10
3	35	35	15	15
4	30	30	20	20
5	25	25	25	25

Dimensi sampel uji yaitu panjang minimal 120 mm dan lebar minimal 50 mm dengan ketebalan 6 mm. Sampel yang telah dipotong sesuai ukuran tersebut.

B. Pengukuran Sudut Kontak

Pengukuran sudut kontak dilakukan dengan menggunakan kamera digital untuk memotret sudut kontak pada permukaan bahan uji. Pengujian sudut kontak ini dimaksudkan untuk menentukan sifat permukaan bahan uji, bersifat hidrofobik atau hidrofilik. Sudut hidrofobik

mencerminkan sifat kedap air dari permukaan bahan, semakin besar sudut hidrofobik, maka semakin baik sifat bahan untuk dapat menahan air tidak masuk ke dalam bahan isolator. Berikut adalah gambar rangkaian pengujian sudut kontak.



Gambar 3. Rangkaian pengukuran sudut kontak

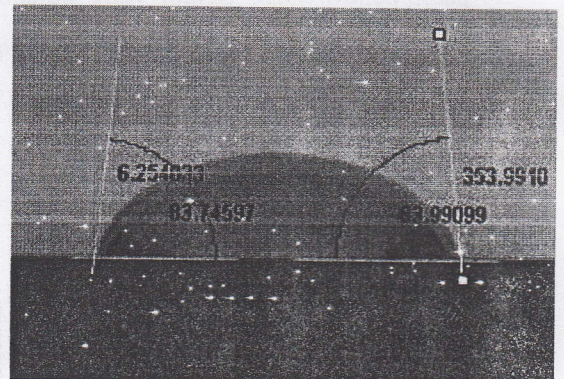
Langkah pengukuran sudut kontak adalah dengan menyalakan lampu sebagai sumber cahaya tambahan agar titik air yang difoto dapat tampak jelas. Meletakkan bahan uji dan menghidupkan kamera. Bahan uji diposisikan sedemikian rupa sehingga pada layar kamera tidak terlihat permukaan bahan uji bagian belakang (bagian depan dan belakang dari permukaan bahan uji berimpit).

Setelah permukaan bahan uji tampak segaris, bahan uji ditetesi dengan air destilasi sebanyak 50 μ l menggunakan *assipette* no.100. Langkah selanjutnya memfoto bahan uji dengan kamera digital. Hasil pengujian bisa langsung dimasukkan ke dalam komputer dan sudut

kontak bisa segera dihitung. Agar hasil foto nantinya baik, maka proses pengambilan foto bisa diulang beberapa kali dan dipilih hasil foto yang paling baik.

4. HASIL DAN ANALISA

Besarnya sudut kontak permukaan bahan terhadap tetesan cairan diperoleh berdasarkan hasil pengamatan langsung melalui pemotretan kamera digital yang dihubungkan dengan komputer.



Gambar 4 Profil tetesan air dan pengukuran sudut kontak RTV5 sampel 2

Hasil pemotretan ditampilkan dalam bentuk ukur proyektor berskala, selanjutnya sudut kontak pada sisi kiri dan kanan sampel uji diukur dengan menggunakan busur derajat. Untuk lebih akurat peneliti menggunakan

software *Image Pro Plus* untuk menentukan sudut.

Contoh perhitungan sudut kontak hidrofobik:

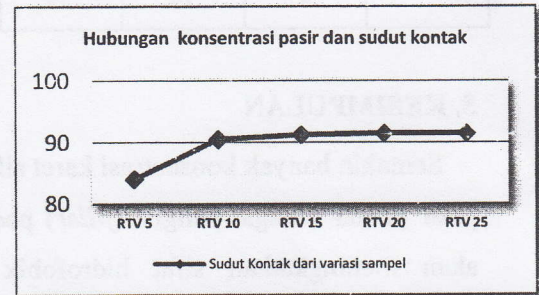
$$\begin{aligned}\text{Sudut kontak kiri} &= 83,75^\circ \\ \text{Sudut kontak kanan} &= 83,99^\circ \text{ maka,} \\ \text{Sudut kontak} &= (\text{Sudut kontak kiri} + \text{sudut kontak} \\ &\quad \text{kanan})/2 \\ &= (83,75^\circ + 83,99^\circ)/2 = 83,87^\circ \\ &\approx 84^\circ\end{aligned}$$

Karena hasil pengukuran sudut kontaknya < 90°, maka dapat disimpulkan bahwa permukaan bahan uji ini bersifat *partially wetted* (basah sebagian). Sifat ini kurang baik bagi suatu isolator, karena dapat menurunkan resistansi permukaan bahan dan menurunkan nilai tegangan *flashover*.

Dari hasil pengujian, resin epoksi yang mempunyai kandungan pengisi pasir pantai dan silane dibawah 10% bersifat *partially wetted* (basah sebagian), dan yang mempunyai kandungan pengisi pasir pantai dan silane diatas 10% bersifat hidrofobik. Pengaruh penambahan silane seiring dengan penambahan pasir mempengaruhi kondisi resin epoksi, dapat meningkatkan sifat hidrofobik pada resin epoksi.

Nilai sudut kontak berkisar antara 60° sampai 91°, sudut kontak yang paling besar adalah resin epoksi RTV 25

RTV=Room Temperatur Vulcanized, grid biru: nilai maksimal



Gambar 5. Grafik Sudut Kontak Versus Konsentrasi Sampel

Tabel 2. Hasil Pengujian Sudut Kontak

Kode Sampel	Sampel	Sudut Kontak Kiri (°)	Sudut Kontak Kanan (°)	Sudut Kontak (°)
RTV 5	1	65	65	65
	2	84	84	84
	3	77	75	76
	4	79	79	79
RTV 10	1	88	86,5	87,25
	2	90	90	90
	3	91	90	90,5
	4	88	90	89
RTV 15	1	91,5	91	91,25
	2	90	90	90
	3	91	89	90
	4	85	87,5	86,25
RTV 20	1	92	90	91

	2	93	90	91,5
	3	89	74	81,5
	4	90,5	86	88,25
RTV 5	1	65	65	65
	2	84	84	84
	3	77	75	76
	4	79	79	79

5. KESIMPULAN

Semakin banyak konsentrasi karet silikon dan pasir pantai sebagai pengisi (*filler*) pada bahan akan meningkatkan sifat hidrofobik dengan ditunjukkan sudut kontak yang semakin membesar. Jika permukaan bersifat hidropobik, maka waktu yang diperlukan untuk terjadinya *discharge* pertama dan *breakdown* pada permukaan bahan semakin lama.

Dengan adanya penambahan pasir pantai sebagai pengisi, kekuatan fisik dari bahan akan semakin kuat dan tidak mudah lentur.

REFERENSI

- H. Berahim, K.T. Sirait, F. Soesianto, Tumiran, June 1-5, 2003, *A new performance of RTV Epoxy Resin Insulation material in tropical climate*, Proceedings of the 7th International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials, Nagoya .p. 607
- X. Wang, L.Chen and N. Yoshimura, *Erosion by acid rain, accelerating the tracking of polystyrene insulating material*, J.Phys.D:
- Appl. Phys. 33 (2000) p. 1117-1127 Printed in the UK.
- Abdul Syakur, Rochmadi, Tumiran, Hamzah Berahim, Nopember, 7-10, 2010, *An Investigation on Surface Tracking on epoxy resin material* , Proceedings of 15th Asian Conference on Electrical Discharge, Xian Jiaotong University, China.
- Abdul Syakur, Rochmadi, Tumiran, Hamzah Berahim, July 20, 2010, *Karakteristik Arus Bocor pada Permukaan Bahan Resin Epoksi dengan Silikon sebagai Bahan Pengisi menggunakan Metode IEC 60-587*, Proceedings of Conference on Information Technology and Electrical Engineering, Gadjah Mada University, Indonesia
- Abdul Syakur, Rochmadi, Tumiran, Hamzah Berahim, July 20, 2010 , *Study on electrical tracking of epoxy resin insulating material using Inclined-Plane Tracking Method*, Proceedings of Conference on Information Technology and Electrical Engineering, Gadjah Mada University, Indonesia.
- Gorur, , 1999, *Outdoor Insulators*, Ravi S. Gorur, Inc., Phoenix, Arizona 85044 USA.
- H.Berahim, 2005, *Methodology To Assess The Performance Of Silane Epoxy Resin Insulating Polymer As High Voltage Insulator Materials In The Tropical Areas* , Dissertation doctorate degree at Department

of Electrical Engineering, Gadjah Mada
University, Indonesia.

IEC 60-587:1984, *Test Method for Evaluating
Resistance to Tracking and Erosion of
Electrical Insulating Materials used under
severe Ambient Conditions*, British Standards
Institution.

J.A. Brydson, 1982 p.693-695, *Plastic
Materials*, 4th edition, Butterworth
Scientific.